

(9)

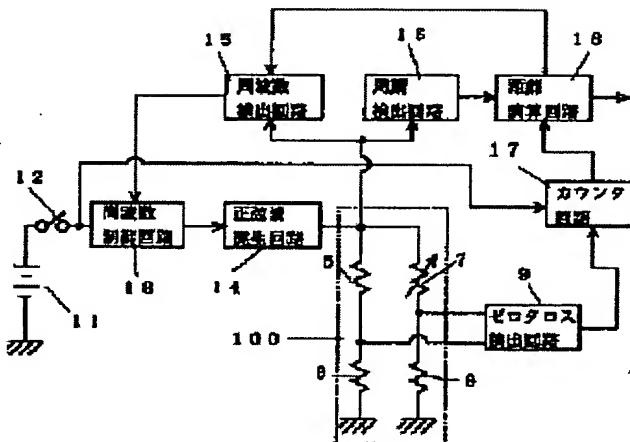
METHOD AND INSTRUMENT FOR MEASURING DISTANCE

Patent number: JP5281341
Publication date: 1993-10-29
Inventor: IIDA ISAO; others: 02
Applicant: ISAO IIDA; others: 02
Classification:
 - **International:** G01S13/38; G01F23/00; G01S15/32; G01S17/32
 - **European:**
Application number: JP19920102493 19920330
Priority number(s):

Abstract of JP5281341

PURPOSE: To accurately measure the distance of a section to be measured even when some obstructions exist in the section by generating a plurality of kinds of standing waves having different frequencies in the section and calculating the distance of the section based on the difference in period between the waves.

CONSTITUTION: A frequency detection circuit 15 reads the period of a sine wave signal from a sine wave generation circuit 14 and outputs a signal for changing the voltage value of a signal which changes in steps from a frequency control circuit 13 at every unit time. The circuit 15, in addition, temporarily stops the generation of output signals when the first control signal is supplied from a distance calculation circuit 18 and, thereafter, again generates output signals following the output signals immediately before the signal generation is stopped and, when the second control signal is supplied from the circuit 18, again stops the generation of output signals. A period detection circuit 14 finds the period of standing waves formed of the sign wave signals whenever the frequency of the sine wave signals from the circuit 14 changes. Then the circuit 18 inputs the count value of a counter circuit 17 and finds the distance of a section to be measured based on a prescribed expression.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-281341

(43)公開日 平成5年(1993)10月29日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
G 01 S 13/38		8940-5 J		
G 01 F 23/00		8201-2 F		
G 01 S 15/32		8113-5 J		
17/32		4240-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数3(全18頁)

(21)出願番号 特願平4-102493

(22)出願日 平成4年(1992)3月30日

(71)出願人 592089087
飯田 功
埼玉県蓮田市緑町2丁目16番15号

(71)出願人 591174911
渡辺 嘉二郎
東京都小金井市前原町4丁目15番15号

(71)出願人 592089098
小野塙 正克
埼玉県行田市大字小見545番地3

(72)発明者 飯田 功
埼玉県蓮田市緑町2丁目16番15号

(72)発明者 渡辺 嘉二郎
東京都小金井市前原町4丁目15番15号

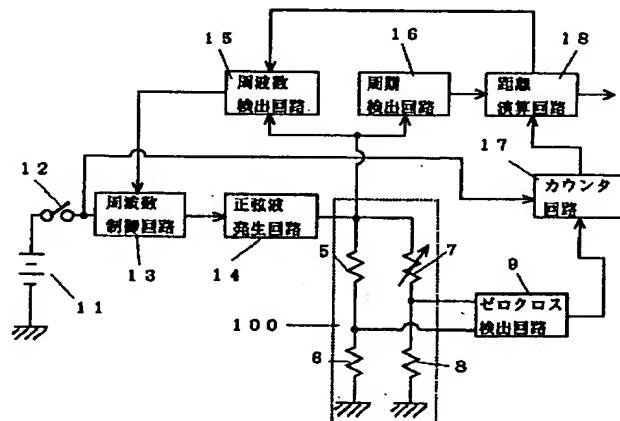
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 距離測定方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】 新規で、かつ簡単な方法及び装置で空間距離を測定する。

【構成】 測定区間に定在波を発生せしめる波動発生手段と、その発生した定在波の周期に基づいて前記測定区間の距離を測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定区間に周波数の異なる複数種類の定在波を発生させ、それらの発生させられた定在波の周期に基づいて該測定区間の距離を算出することを特徴とする距離測定方法。

【請求項2】 測定区間に周波数の異なる複数種類の定在波を発生させるための波動発生手段と、該波動発生手段によって発生させられたそれぞれの定在波の波数の差及びそれらの定在波の周期の違いに基づいて前記測定区間の距離を算出する演算手段とを備えてなることを特徴とする距離測定装置。

【請求項3】 測定面との間に周波数の異なる複数種類の定在波を発生させるための波動発生手段と、該波動発生手段によって発生させられたそれぞれの定在波の波数の差及びその定在波の周期の違いに基づいて前記測定区間の距離を算出し、その算出結果に基づいて測定面のレベルを算出するレベル演算手段とを備えてなることを特徴とするレベル測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、波動の伝播の原理を使用して空間距離を測定する距離測定方法及びその装置に関するもので、例えば液面位レベル検出装置等に応用可能なものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、2点間の空間距離を電子技術手法を用いて非接触で測定する方法として一般的なものとしては、大きく分けて長距離測定に用いられるレーダ測定手法（マイクロ波利用）とレーザ測定手法（光利用）とがあり、また短距離測定から長距離測定に用いられるものにはレーザ測定手法、さらには短距離測定に用いられる超音波測定手法があり、これらはマイクロ波、光を波動としてではなく、マイクロ波、超音波の場合には電波、超音波の束とした理論によって、また光の場合には光の束とした理論によって構築されているものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記の構成のもの、即ちレーダ測定手法にあっては、周波数の非常に高いマイクロ波を、一定時間毎に測定目標に向けてパルス状に発射し、それが反射して戻ってくるまでの極めて短い時間を測定するものであるので、その伝播経路の途中に、例えば網、雨滴等の障害物が介在した場合には、それを検出したり、また測定目標からの反射が弱くなつて検出できず、測定困難となることが考えられる。またひどい埃の中で測定する場合にも、伝播経路の途中で乱反射されて反射波が弱くなつたりして検出されないという問題点があった。また、一般に反射波が短時間で戻ってくるので検出回路素子には、それに耐えうる応答性の速い高価な素子を選択して用いなくてはならず、それにともないコストも高くなるという問題点があ

った。

【0006】 また、レーザ測定手法にあってもレーダ測定手法と同様に発射された光が測定目標に反射して戻ってくるまでの時間を測定するのでレーダ測定手法と同様な問題点があり、またレーザ測定手法にあっては高価なレーザ発振素子及びレーザ受信素子を用いなくてはならないという問題点があった。更に、レーザ測定手法にあっては、細いビーム状のレーザ光線を用いるので測定目標に、例えば境面等の平坦度の高い反射面を形成しておかないと反射光が散乱してしまい検出に十分な反射光を得ることができないという問題点があった。

【0007】 また、さらに超音波測定手法にあっては、その伝播速度が大気の温度、湿度、風力に大きく影響されるので複雑で、かつ高度の補正技術が必要となるという問題点があつた。さらには、これらマイクロ波、超音波、レーザ光線等を波動として扱う測定理論構成ではないため、伝播経路の途中に反射体等の障害物があった場合には、それによって予想外の方向に反射されてしまい、受信するには信号としては弱くなつてしまい信号処理が不可能になつてしまう問題点が発生する恐れがあつた。

【0008】 この発明は、マイクロ波、超音波、遠赤外線等の伝播の仕方を波動と考えて、伝播空間に多少の障害物があつても回折現象によってその障害物をくぐり抜ける現象を利用するものである。即ち、これにより新規で、測定区内に多少の障害物があつても測定可能な簡単な距離測定原理の理論が構成され、またそれに基づいて回路構成等を簡素化したもので、かつコスト的に安価で精度よく距離を測定することのできる極めて新規な手法及びその装置を提供することを目的とする。なお、本発明で云うところの伝播空間の空間とは、宇宙の真空状態の空間、地球上の大気空間、液中の液体空間等の物理的空間すべての空間のことと云うものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、第1の発明としては、測定区間に周波数の異なる複数種類の定在波を発生させ、それらの発生させられた定在波の周期の違いに基づいて測定区間の距離を算出する距離測定方法である。

【0010】 第2の発明としては、測定区間に周波数の異なる定在波を発生させる波動発生手段と、該波動発生手段によって発生させられたそれぞれの定在波の波数（ここでは、例えば定在波の一周期分の波数を波数1、二周期分の波数を波数2とするように定義する）の差及びその定在波の周期の違いに基づいて前記測定区間の距離を算出する演算手段とを備えてなる距離測定装置である。

【0011】 第3の発明としては、測定面との間に周波数の異なる定在波を発生させるための波動発生手段と、該波動発生手段によって発生させられたそれぞれの定在

波の波数の差及びその定在波の周期の違いに基づいて前記測定区間の距離を算出し、その算出結果に基づいて測定面のレベルを連続量として算出するレベル演算手段とを備えてなるレベル測定装置である。

【0012】

【作用】第1の発明は、測定区間に発生させられた異なる周波数の定在波の周期の違いに基づいて測定区間の距離を算出する。

【0013】第2の発明は、定在波発生手段により測定区間に異なる周波数の定在波を発生させ、その定在波の波数の差及びその定在波の周期の違いに基づいて演算手段によって前記測定区間の距離を算出する。

【0014】第3の発明は、測定面に向けて位置された波動発生手段より異なる周波数の定在波を発生させ、その定在波の波数の差及びその定在波の周期の違いに基づき、レベル演算手段において前記測定面のレベルを算出する。

【0015】

【実施例】以下に、本発明による実施例を示し、その説明を詳細にする。まず本発明による測定方法及びその方法による装置の説明にはいる前に図1及び図2を用いて定在波について説明をする。1は波動発生手段で、空気中等の空間に音波、遠赤外線、電波等の波動を発生させるもので、具体的にはスピーカ、超音波素子、遠赤外線発生素子、マイクロ波発振器等のいずれかがその使用目的（環境）に応じて逐一的に選択され、その選択された、例えばスピーカから出力される音波を距離 L ($= N \cdot T$: N は距離 L の間に形成される定在波の腹、又は節の数で整数、 T は定在波の一周期の値)だけ離れた測定目標2に向けて発射し、関係式 $L = N \cdot T$ が成立すれば、その波動発生手段1であるスピーカと測定目標2との間に、前記音波の周期の半分の周期 T の定在波3が発生せしめられることになる。なお、図2では前記波動発生手段1は正弦波発生器4からの出力信号によって正弦波駆動されるが、それに限らず図示されない矩形波発生器を替わりに用いて、その矩形波発生回路から出力されるパルス信号を供給することによって駆動させてもよい。

【0016】次に、図2に基づいて前記波動発生手段1の一種類である、出力される音響が所定周波数に設定されたスピーカを測定回路に組み込んだ例について説明する。なお、ここでは前記スピーカの駆動コイルの電気インピーダンスを符号7で示している。その電気インピーダンス7は3つの抵抗5、6、8と共に、ブリッジ回路100を形成している。

【0017】このような状況下において、図1に示す測定目標2を矢印M方向に向けて（波動発生手段1の一種類であるスピーカは所定の位置に固定されているものとする）等速度で移動せしめた場合、測定目標2が、スピーカによって発生させられた波動3の節（又は腹）に向

かうにつれ波動発生手段1、例えばスピーカの駆動コイルの電気インピーダンス7が変化する（また例えば、超音波素子にあっても駆動コイルの抵抗分である電気インピーダンス7の値が変化する）ので、その電気インピーダンス7の値の変化を図2に示す回路で処理することによって測定目標2が波動発生手段1に対して所定距離だけ移動すると、それを示すパルス10（図3参照のこと）が、例えば波動3の節のところで発生することを図2に示す回路を用いて説明する。

10 【0018】まず、図2の構成を説明すると、4は正弦波発生回路、5、6及び8は抵抗、7は定在波を発生させるための波動発生手段1のスピーカの駆動コイルの電気インピーダンスで、抵抗5、6及び8とスピーカの駆動コイルの電気インピーダンス7によって構成されたブリッジ回路100に前記正弦波発生回路4から所定の周波数の正弦波信号が供給される。9は前記ブリッジ回路100の不平衡状態（前記スピーカと測定目標2との間に定在波が発生した状態）を検出するためのゼロクロス検出回路で、不平衡状態を検出するとその検出期間だけ20 その出力端子Aを、例えばローレベル（論理“0”）からハイレベル（論理“1”）の状態に切り替える。

【0019】次に、その作用説明を図1に基づいてする。測定目標2をM方向、即ち一定周波数で駆動された波動発生手段1のスピーカに向けて、例えば一定速度で接近させた場合において、波動発生手段1のスピーカの駆動コイルの電気インピーダンス7の大きさが、測定目標2と波動発生手段1との間の距離と波動発生手段1の駆動周波数との関係に応じて変化し、前記測定目標2の位置が $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9, L_{10}$ の位置、即ち波動3の節の形成される位置のそれぞれに達する毎にパルス10がゼロクロス検出回路9の出力端子Aから出力される（図3のパルス10を参照）。

【0020】以上がこの発明を説明するための原理の初步的な部分の説明である。次に、図4及び図8に示す定在波3の波形図に基づいて本発明の距離測定の理論を説明する。即ち、距離しだけの空間を隔てて位置された波動発生手段1と測定目標2との間には、図4に示すようにある所定の周波数で正弦波駆動された波動発生手段1によって、一周期が T_1 の2倍の値の正弦波による定在波3を発生せしめることが可能であり、その時、波動発生手段1から測定目標2までの距離 L は次式で示される（ただし、 N は距離 L の間に存在する定在波3の波数の数で、図4では $N=6$ 、図8では $N=15$ と設定できる）。

【数1】

$$L = N \cdot T_1$$

【0021】次に、図8に示すように、前記波動発生手段1と測定目標2との間の距離 L を前記図4の位置関係50 状態を維持した状態にして、前記波動発生手段1から前

記図4に示す波形の周波数よりも大きな周波数の波形を発生させ、その発生させられた正弦波（一周期 $2 \times T_2 : T_2 < T_1$ ）に基づく定在波3で、前回よりもn周期分多い（例えば図8においては図4のものに比べて9周期分多い）定在波3を発生させると、次式が成り立つ（なお、次式における数値Nの値は数1におけるNの値と同じである）。

【数2】

$$L = (N + n) \cdot T_2$$

【0022】即ち、上記数1、数2より

【数3】

$$N = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot n$$

【0023】ここで、数3を数1に代入することによって

【数4】

$$L = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot n \cdot T_1$$

【0024】上記数4において、数値T1及びT2は前記波動発生手段1から発生する周波数の逆数の2分の1の値であり、またnは波動発生手段1と測定目標2との間に、定在波3の波の数を何周期分多くするようにしたかで決まるもので、それらの値を数4に代入することによって距離Lが求められる。

【0025】即ち、上述した方法は2種類の異なる周波数の定在波を発生させることにより、今までに全くない距離測定方法であり、容易に測定区間の距離Lを求めることができると云う極めて優れた有効、かつ新規な方法であることが示された。なお、この手法は波動という概念で測定区間の距離を測定するものであり、そのためには測定区間に埃、水滴等の障害物があっても波動が伝播される限り測定可能であるという特長を持つ。

【0026】次に、上記理論に基づく一具体的な構成を図5に示し、その構成を説明する。なお、同図において図2に示したものと同一構成のもの、又はそれと均等なものには同一符号を付してその説明を省略するものとする。11はバッテリ、12はスイッチ、13は周波数制御回路で、前記スイッチ12が閉成（オン）されると、後述の正弦波発生回路14に階段状の出力電圧（図7に示すもので、単位時間の経過と共に、出力電圧がステップ状に変化していく。）を供給する。

【0027】なお、前記階段状に変化する出力信号が、高い電圧にステップ状に変化するタイミングは、後述の周波数検出回路15から供給される出力信号に基づいて制御されており、該出力信号が供給される毎に、前記周波数制御回路13の出力電圧は一ステップずつ電圧が上

昇させられる。14は正弦波発生回路で、前記周波数制御回路13から供給される階段状に変化する出力信号の電圧値に比例した周波数の正弦波信号を出力する（図7参照のこと）。

【0028】15は周波数検出回路で、前記正弦波発生回路14から出力され、ブリッジ回路100及び後述の周波数検出回路16に供給される正弦波信号を入力して、その正弦波信号の周波数を読み取り、前記周波数制御回路13からの階段状に変化する出力信号の電圧値

10を、所定の単位時間毎にステップ状に変化せしめるための信号を出力する一方で、前記周波数検出回路15は、後述の距離演算回路18から最初の制御信号が供給されたとき出力信号の発生を一定時間停止し、その後、前記停止した直前の出力信号に続く出力信号を再度発生し、二度目の制御信号が距離演算回路18から供給されたら出力信号の発生を停止する。16は周期検出回路で、前記正弦波発生回路14から出力される正弦波信号の周波数が変化する毎に、その周波数の値からその正弦波信号によつて形成された定在波3の周期（例えば図4におけるT1の2倍の値に相当する）を求める（この手法は周知の事実である）。

【0029】17はカウンタ回路で、前記スイッチ12からその入出力間の閉成によって発生するリセット信号が供給されると、それを受け計数値をリセットして前記ゼロクロス検出回路9から供給されるパルス信号を計数する。18は距離演算回路で、前記カウンタ回路17から出力される計数値を入力すると、その入力に同期して前記周期検出回路16から出力される信号を入力し、前記数4の式を演算してその結果を求め、それを距離L30を示す信号として出力する。なお、上記ブリッジ回路100からの出力波形において、ゼロクロス波形が発生しないときは、ゼロクロス検出回路9に替えて最小振幅値をゼロクロス点として検出する回路に替えることは云うまでもないことである。

【0030】次に、図5に示す上記構成のもの的作用を図4、図6、図7及び図8を参照しながら説明する。図5において、スイッチ12が閉成されると、カウンタ回路17及び周波数制御回路13がリセットされる。リセットされた周波数制御回路13は、図7に示すような時間の経過にともなって階段状に増大する電圧を、最も低い電圧値V1を初期値として正弦波発生回路14に供給する。それによって、その正弦波発生回路14からは、周波数制御回路13から出力される階段状に変化する電圧値に対応する周波数のうち最も低い周波数f Hzの正弦波信号が初期周波数としてブリッジ回路100に供給される。

【0031】その結果、波動発生手段1、例えばスピーカ、超音波素子等の駆動コイルにその正弦波信号が供給され、その正弦波信号によって波動発生手段1と測定目標2との間に定在波3が発生していない場合には（この

とき、ゼロクロス検出回路9は、入力電圧が0または入力電圧のうちの所定電圧以上に達していないことによって判断する。）、その所定の単位時間後に周波数検出回路15が周波数制御回路13に対して現在の出力電圧V1をより高い電圧V2に変化せしめるための信号を供給する。その結果、正弦波発生回路14から出力される正弦波信号の周波数が1Hz増大して(f.+1)Hzに変化する。

【0032】また、一方で上記の如く、回路が作動している間、正弦波発生回路14から出力された周波数f。Hzの正弦波信号は周期検出回路16に供給され、その周期検出回路16において、その時の周波数信号の逆数からその周期が、例えば図4を例にとるとT1の2倍の値が求められ、その求められた値の半分の値であるT1が距離演算回路18に供給される。

【0033】ブリッジ回路100は、波動発生手段1と測定目標2との間に発生する波動の状態に応じた電圧値を発生し、ここで、例えば正弦波信号の周波数を1Hzずつ連続的に大きくなるように変化せしめると、その波動発生手段1、例えばスピーカ、超音波素子等の駆動コイルの電気インピーダンス7もそれに応じて正弦波状に変化し、ブリッジ回路100の出力信号も正弦波状に変化する。その変化の途中で、定在波3が発生すると、その時点でゼロクロス検出回路9からパルスが1つ出力され、その1つ目のパルスが出力されたときカウンタ回路17の計数値が1にセットされ、その計数値はカウンタ回路17から距離演算回路18に最初の定在波3が発生したことを示す信号として供給される。

【0034】即ち、正弦波発生回路14から出力される正弦波信号によって、波動発生手段1と測定目標2との間の距離Lの間に定在波3が最初に発生したとして、カウンタ回路17の計数結果が0から1にカウントアップされて、その時の定在波3の周期の半分、例えばT1が距離演算回路18における演算に用いられる定数T1の値として周期検出回路16から演算回路18に入力され、設定される。なお、この演算の最中であっても、または前記周期T1の値の設定が終了すると距離演算回路18は、周波数検出回路15に対して正弦波発生回路14から出力される正弦波信号の周波数を、次の高い周波数の定在波3が発生するまで、即ちカウンタ回路17の計数値が再度カウントアップするまで(f.+2)Hz、(f.+3)Hz、(f.+4)Hz、(f.+5)Hz、(f.+6)Hzの如く順に周波数を上昇させ続ける。

【0035】即ち、上記の如く、正弦波発生回路14から出力される周波数を順次上昇させていくと、波動発生手段1と測定目標2との間に定在波3が再度発生するタイミングが到来し、その時カウンタ回路17は再度カウントアップし、計数値が2になる。このとき、波動発生手段1に駆動信号として供給されている正弦波信号によ

って発生する定在波3の周期、即ちT2が周期検出回路16によって検出されて距離演算回路18に供給されて数4に基づく距離演算のための2つ目の周期を設定する。その結果、距離演算回路18は、数4の演算を行うための値が与えられることになり、演算を実行し、距離Lを算出し、その算出された値を出力する。

【0036】なお、上記の如く距離演算回路18は、2度目に設定される周期T2に対応する定在波が、最初のものから何番目に発生した定在波であるかをカウンタ回路17の計数値から判断する構成になっており、例えば、2つ目に発生した定在波であればカウンタ回路17の計数値は、2だけカウントアップされているので距離演算回路18は数値nを2より1少ない1として設定する。

【0037】これに対して、2つ目の定在波ではなく、それ以後に発生するn番目（値nは2より大きな整数）に発生した定在波から距離Lを求めるようにもよる、その場合、カウンタ回路17の計数値より1少ない値、即ち数値(n-1)が距離演算回路18における数20の数値nの値として設定され、距離演算回路18はそれらの数値を数4に代入して波動発生手段1と測定目標2との間の距離Lを算出して出力する。

【0038】なお上記説明の中で、述べた定在波3の発生の仕方について図1及び図6を参照しながらその説明を行う。即ち、電源スイッチ（図5のスイッチ12相当）を開成することにより正弦波発生回路（図5の正弦波発生回路14相当）からスピーカ、超音波素子等の波動発生手段1の駆動コイルに、設定されている初期周波数が供給され、その結果、波動発生手段1と測定目標2との間にその周波数に応じた波動が発生し、その波動が空気中を伝播して測定目標2に当たることによって入射方向に反射することになり、その入射による波動の山及び谷（腹及び節）と反射による波動の山及び谷とが一致したとき、定在波が発生することになる。

【0039】そこで先ず、説明を容易にするために、最初から定在波3が図6に符号Aで示されているように発生し、波動が測定目標2のZ地点において節を形成しているものと仮定する。その状態から波動発生手段1のスピーカ等に供給される正弦波信号の周波数を徐々に高めていくと、測定目標2の上で反射する波動は、最初の節から腹の方向に変化し（波動の反射するポイントは、図6においては上方に向く矢印に従って変化する）、次の状態が、例えばX地点の位置のところにあるものとし、その点で反射が発生して、そのときの入射波の波形が図6の符号Bで示されているような状態に変化している。

【0040】さらに、その状態から前記波動発生手段1に供給される正弦波信号の周波数が上昇させられると、入射波は、例えば符号Cで示される波動状態に変化して、測定目標2の反射面での反射点が上方のY地点に移

動することになる。また更に、正弦波信号の周波数が上昇させられることによって、波動の反射のポイントが上方から下方に向かって変化して、再度、符号Bで示される波動状態を通過して符号Dで示される波動状態に変化するようになり、その波動の節が測定目標2上のZ地点に移動して定在波3が波動発生手段1と測定目標2との間に符号Dで示されるように発生することになる。

【0041】次に、図5に示した実施例の変形例を図9に基づいて説明する。なお、図9において図5に示した構成のものと同一、又は均等な部分についてはその説明を省略し、異なる部分についての構成を説明する。即ち、図5におけるゼロクロス検出回路9及びカウンタ回路17が図9においてはなく、その代わり差動增幅回路19、波形・周期記憶回路20及び定在波発生周期検出回路21が用いられる。

【0042】差動增幅回路19の2つの入力端子は、前記プリッジ回路100の2つの出力端子に接続され、前記波動発生手段1のスピーカ、超音波素子等の駆動コイルの電気インピーダンス7の変化の状況を検出して、増幅する。波形・周期記憶回路20は、スイッチ12からリセット信号を受けた時点からの入力信号、即ちプリッジ回路100からの出力信号を一定周期毎にサンプリング入力することによって、それを時系列的に記憶する。また、前記時系列的に記憶された前記プリッジ回路100からの出力信号は、周期検出回路16から供給される正弦波信号の周期を示す周期信号と共に組にされて記憶され、後述の定在波発生周期検出回路21に周期信号と共に供給される。

【0043】定在波発生周期検出回路21は、前記波形・周期記憶回路20に記憶されている差動增幅回路19から出力された波形信号から図示されないノイズ除去回路を用いてノイズを除去し、その除去後の信号を入力し、その入力信号の例を図11に示す。また定在波発生周期検出回路21は、その入力した信号は計に基づいて、例えば下側に形成されたピーク点M1、M2、M3のそれぞれの点を定在波が発生し、波動発生手段1のスピーカの電気インピーダンスが最低になったものと判断して、そのうち例えば隣接する点M1とM2又は点M2とM3のいずれかを選択して、その選択されたピーク点、たとえば点M1とM2とに対応して記憶された周期T1、T2を距離演算回路22に供給する。なお、図11は波動発生手段1のスピーカから発生され波動によってスピーカの電気インピーダンスが時間T3の間にRから10Rまで変化することが示されている。

【0044】距離演算回路22は、前記定在波発生周期検出回路21から供給された2つの周期信号T1及びT2に基づいて、即ち数4に基づいて波動発生手段1と測定目標2との間の距離Lを算出し、出力する。また、一方で距離演算回路22は、2つの周期信号T1及びT2を入力すると、周波数検出回路15に対して制御信号の

出力を停止させるための信号を周波数制御回路15に供給する。なお、前記周期T1、T2の如く隣接する周期信号ではなく、隣接しない例えば図11における節M1と節M5とを選択してもよいが、その場合には、その間にいくつかの周期信号が存在するので、距離演算回路22にM1とM5とがどれだけ離れているのかを示す信号(数値n)を供給する必要のあることは数4の説明から容易に理解のされるところである。

【0045】次に、上記構成のもの的作用を説明する。

10 スイッチ12が閉成されると周波数制御回路13を介して正弦波発生回路14から波動発生手段1の一例であるスピーカの駆動コイルに正弦波信号が、設定された初期周波数から徐々に周波数を1Hzずつ上昇させながら供給され、周期検出回路16によってその正弦波信号の周波数の周期が検出される。また一方でスイッチ12からの信号に基づいて波形・周期記憶回路20の記憶内容がリセットされ、初期設定される。その後、波形・周期記憶回路20に周期検出回路16からの周期信号と、差動增幅回路19を介したプリッジ回路100からの信号とを組にされて供給される。

【0046】その結果、波形・周期記憶回路20はそれらを組にして時系列的に記憶すると共に、その記憶内容を順次出力する。その出力を入力した、定在波発生周期検出回路21によって、波動発生手段1と測定目標2との間に定在波が発生していると判断(波形の形状からか、又はゼロクロス検出に基づいた判断)した場合には、そのときの周期、例えばT1、T2が求められ、距離演算回路22は、その検出結果を入力して距離演算回路22は周波数検出回路15に対して出力停止のための信号を供給すると共に、数4に基づいて距離Lを算出し出力する。

【0047】次に、上記図5において説明した周波数制御回路13についてより具体的な構成を図10に示し、その説明をする。即ち、前記周波数制御回路13は、スイッチ12が閉成されることによって所定周波数のパルスを出力する発振回路131、該発振回路131から供給されるパルスを計数して、例えば8ビット信号を出力するカウンタ回路132、該カウンタ回路132から供給されるデジタル信号をアナログの電圧信号に変換するD/A変換回路133等から構成されている。また前記正弦波発生回路14はPLL回路素子から構成され、前記D/A変換回路133から供給されるアナログ電圧信号に比例した周波数の正弦波信号を出力する。なお、図10に示した構成のものは他に示す実施例においても共通に利用できるものである。

【0048】上記実施例では、定在波を正弦波、矩形波等を使用して発生させるような構成としたが、この実施例ではマイクロ波の周波数領域における白色雑音を使用して定在波を発生させる構成のものを図12に示し、その構成を説明するが、マイクロ波の周波数領域の周波数

を使用しなくとも、例えば可聴周波数領域の低い周波数領域の信号成分から構成された白色雑音であっても良いことは云うまでもないことである。但し、その場合、波動発生手段1としてはマイクロ波発生用ガンドライオード、遠赤外発光素子、ラジオ用高周波発生素子、スピーカ等を必要に応じて、即ち測定環境に応じて適宜選択することが必要があることは云うまでもないことである。

【0049】図12において、30は白色雑音発生回路で、一方の出力端子からマイクロ波の周波数領域の白色雑音を、単位時間毎に所定時間連続して断続的に発生する。また、他方の出力端子からは白色雑音が発せられる直前から所定パルス幅のタイミングパルス信号が出力されて、そのタイミングパルス信号が立ち上がった後に所定時間白色雑音がつづいて発せられる。31は前記白色雑音発生回路30から白色雑音を信号として受けるマイクロ波送信器311、該送信器311から発射されて測定目標2で反射したマイクロ波を受信するマイクロ波受信器312、前記送信器311、受信器312間に介装されて、前記送信器311から発射されて測定目標2で反射せずに直接受信器312に回り込むのを防止する回り込み防止用板材313等から構成された波動発生手段である。

【0050】32はゲート回路で、前記白色雑音発生回路30から出力されるタイミングパルス信号を入力している間、ゲートを開いてマイクロ波受信器312からの出力を通過させる。33は第1スペクトル解析回路で、前記白色雑音発生回路30から断続的に出力される白色雑音の周波数スペクトルを求めるためのものである。34は第2スペクトル解析回路で、前記マイクロ波受信器312で受信された測定目標2で反射してきたマイクロ波をゲート回路32を介して入力し、その周波数スペクトルを求める。なお、前記第1及び第2スペクトル解析回路33及び34は、前記白色雑音発生回路30から出力されるタイミングパルス信号の立ち上がりをリセット信号として入力し、その後、マイクロ波発信器311から発射されるマイクロ波のスペクトルは第1スペクトル解析回路33で信号処理され、また前記発射されて反射して受信されたマイクロ波は第2スペクトル解析回路34に供給されて信号処理される。

【0051】35はスペクトル比較回路で、前記第1及び第2スペクトル解析回路33及び34から供給されるスペクトルを比較して、第1スペクトル解析回路33で求められたスペクトルの中にはあり、第2スペクトル解析回路34で求められたスペクトルの中にはない複数の周波数を抽出し、その抽出された複数の周波数の中から、互いに隣接している1組の周波数を出力する。なお、この隣接している1組の周波数を選択する理由、数4における数値nを1とするためであり、あえて数値nを1にする必要性はないので、他の数値を選択するときはそれに合わせて周波数を選択すれば良い。36は定在

波発生周期検出回路で、前記スペクトル比較回路35から供給される1組の周波数のそれぞれの逆数を求ることによって2つの周期、即ち数4における周期T1及びT2を求める。37は距離算出回路で、前記定在波発生周期検出回路36で求められた1組の周期T1及びT2を数4に代入することによって距離Lを算出し、それを出力する。

【0052】即ち、上記構成において白色雑音を用いる理由は、白色雑音を形成する周波数成分のうち定在波を発生している他の周波数成分のものは、当然ながらマイクロ波受信器312の受信素子の位置において該定在波の節が位置するので、該受信素子の電気インピーダンスは高くなるものと考えられ、また定在波を発生させない周波数成分のものは、マイクロ波受信器312の受信素子の位置において節が位置しないので、該受信素子の電気インピーダンスは前記より低い値となることになるという考えを基にしている。

【0053】次に、上記実施例で説明してきた本発明の方法及びその装置を液面計に応用した実施例を図13に示し、その構成を説明する。なお、図13において図5に示した構成のものと同一のもの、または均等なものには同一符号を付してその説明を省略する。40は液体収納用大型タンクで、そのタンク内部には液面変化方向に沿って両端開口の後述の小径のパイプ41が設けられ、該パイプ41の上端開口部は、前記タンク40の上壁面に穿設された開口部に取り付けられ、かつそのパイプ41の上端開口部を閉塞するように波動発生手段1であるスピーカ1が取り付けられている。また前記パイプ41の下端開口部44は前記タンク40の底面から所定の微少間隔を隔てられている。

【0054】42は前記パイプ41の上端開口部の周縁部に設けられた小径の空気流通用の穴、43は前記タンク40上壁面の内側に設けられたマイクロホンで、前記パイプ41の下端開口部44の開口端が空气中に露出したときに該パイプ41外にもれ出る音を受音することによって液体45の最低レベルを検出するものである。なお、上記パイプ41の大きな機能は、波動発生手段1のスピーカから発生される音響の伝播経路を制限して、効率よく長距離間に亘って音響を伝播させるためのものである。また、距離演算回路18は数4に基づいて液面レベルの値を算出し終わり、その演算結果を出力すると、しばらく演算を停止して、その一定時間後に再度の液面レベルの演算のために周波数制御回路13に制御信号をおり、初期状態から再度の制御出力を開始せしめる。それによって、正弦波発生回路14の出力状態を初期状態に戻し、初期状態からスタートさせる。以後、この動作を所定時間毎に繰り返す。

【0055】次に、上記構成の作用説明を図13に基づいて行う。即ち、液体45がタンク40内に充填されると、その液体45はパイプ41の下端開口部44か

らパイプ41内に侵入してきて、例えば液面位がレベルAの位置にあると仮定すると、波動発生手段1であるスピーカの駆動コイルに正弦波発生回路14から正弦波信号が供給され、その正弦波信号の周波数が変化されてある所定の周波数になると、その液面と前記スピーカとの間に定在波が発生する。その定在波の発生によってスピーカの駆動コイルの電気インピーダンス7の値が、例えば最小値になり、そのことがゼロクロス検出回路9によって検出される。

【0056】その後、正弦波発生回路14から出力される正弦波信号の周波数は徐々に大きくなっていくので、再度前記スピーカと液面Aとの間に定在波が発生し、ゼロクロス検出回路9によって検出される。その検出結果に基づいて周期検出回路16から供給されて距離演算回路18により読み取られた2つの周期、例えば前記T₁、T₂によって、距離演算回路18は前記スピーカと液面Aとの間の距離Lを算出し、かつその値Lをタンク40の高さ寸法の値がら差し引くことによりレベルAでの液面位を算出して出力する。

【0057】次に、液面位が徐々に低下してレベルBを通り過ぎ、最低レベル値であるレベルCに向かって低下すると、その変化していく間も所定時間毎に繰り返し前回と同様の演算が行われ液面位が算出され、その算出結果が出力される。そして、液面位が最低レベル値であるレベルC（またはその近傍レベル）に到達し、パイプ41の下端開口部44がタンク40の気体中に露出されると、パイプ41の下端開口部44からパイプ41外に漏れ出た音響がマイクロホン43によって検出されるようになるのでマイクロホン43から距離演算回路18に音響検出信号が供給される。

【0058】その結果、距離演算回路18は液体45が最低の液面レベル（またはその近傍レベル）に達成したものと判断し、それを警報するための信号を作成し、その信号を距離演算回路18から図示されない警報手段に出力せしめ、その警報手段からタンク40内の液体45の残量が最低レベル（またはその近傍の警報レベル）に到達していることを知らせるための警報を発生せしめる。

【0059】次に、上記図13において説明した実施例のパイプ41の変形例を図14に基づいて説明する。即ち、図14において図13に示される構成のものと同一構成のもの、又はそれと均等なものについては同一符号を付してその説明を省略し、異なる部分について説明をする。

【0060】図14において、図13に示した構成と異なる部分は、パイプ46の部分で、図14のものは図13に示したパイプ41の全周面に亘って、後述の穀物等の粒体48が入り込まないような小径の複数の穴47を穿設したものである。またそのパイプ46の下端縁とタンク40の底面との間隔も、前記穀物等の粒体48がパ

イプ46の中に多量に入り込まないような寸法に設定されており、タンク40内には図13の場合の液体45に対して、発酵材料となる米、大豆等の穀物などの粒体48が収納されており、その粒体48が発酵すると液体49が前記パイプ46の側壁に穿設された穴47を介してパイプ46内にじみ出るように入ってくる（図14に矢印Aで示す）ので、そのレベルを図13に示したものと同一手法でレベル計測を行い、液体49がどれだけ発生したかを検出して、所定発酵レベルDに到達した場合に、所定の発酵状態に成了ったことを示す信号を距離演算回路18から出力する。

【0061】ただしこの場合、距離演算回路18は前記所定の発酵レベルDを検出するための比較手段を有することは云うまでもないことである。また、図14にはマイクロホンがない。なお、図13及び図14に示した実施例のものには、大型タンクを例にとったもので、従来は大型のフロート式液面計で測定していたが、この実施例に示したものを使用することによって液面計が小型になるという効果がある。

【0062】次に、図13に示した構成のものを4輪駆動方式の自動車等に用いられる異形状燃料タンクに応用したものを図15に示し、その構成を説明する。50は図13における剛性を有するパイプ41をタンク40の壁面形状に合わせて屈曲形成せしめ、そのパイプ41がタンク40の壁面に沿って設置されるようにパイプ50を途中途中で折り曲げたものである。そして、そのパイプ50の上端開口部に形成されたフランジ51には波動発生手段1のスピーカが、該上端開口部を閉塞するように設置されており、また下端部はタンク40の底壁面に接するまでに、即ち最低液面位レベルにまで延設されている。

【0063】またフランジ51のタンク40への取付部分の周囲のタンク40の上壁には小径の吸気流通穴52が穿設され、かつその穴52及びスピーカを上方から覆うように密閉用カバー53が取り付けられている。なお上記に述べた穴52の径はスピーカが駆動させられた場合、その駆動にともなってタンク40内の空気及びカバー53内の空気が互いに流通しないような十分な空気抵抗が作用するような寸法に設定されている。

【0064】次に上記図15に示した構成の改良部分について図16を基にして説明する。即ち、図16におけるパイプ50は、上記図15に示した実施例では材質を剛性を有するものにしたが、ゴム等の軟質材のものであってもよく、その場合、外力によってその内径が極度に変化しないようにパイプ50の外側に剛性を有する保護筒54を設けたものである。それによって、例えば保護筒54をタンク40に前もって取り付けておき、その保護筒54内にパイプ50を設置する場合、そのパイプ50が所定の位置に装着されるように案内部材の機能を果たさせることも可能であり、それによって異形状タンク

(通常一般的に使用されているような円柱状等の形状をしていない形状のタンク)への設置においては、その作業性を向上させることができるという効果がある。

【0065】なお上記図15に示したパイプ50は、図13に示すように垂直ではなく、斜め方向(液面に対してパイプ50の軸方向が鋭角をなす方向)に設置されるので、波動発生手段1のスピーカからの音響の波動55が水平な液面56に対して入射方向と異なる方向に、即ち角度Aで波動58として反射されるので(図17参照)、周波数と距離関係からすると定在波が発生しても良い状況にあっても、相互に位相が一致せず、即ち節と節、腹と腹とが一致せず定在波が発生しない恐れがある。これは、前記角度Aが大きくなればなるほどその可能性は大きくなると思われる。

【0066】それに対して、図18に示すようにパイプ50の内径を小さくし、その内径を毛細管現象が発生するような状況に設定することによって、液面56が水平でなくなり、図示したように凹状になり、反射波58を入射波55方向に戻すような働きをするので、液面56に反射した入射波55の反射方向は、その入射方向に対する反射方向の角度Bが図17に示したものより小さくなるので、波動が干渉し合うようになり、相互に位相が一致し易くなるので、前記条件が成り立つと定在波が発生し易くなる。

【0067】次に、本発明における定在波の伝播する媒体を空間の気体を用いずに、線状や帯状の金属材を用いて行う方法について図19、図20、図21を参照しながら説明をする。先ず、穀物等の質量の大きな粒体60を収納するタンク40の中の残量を検出する方法について図19を参照しながら説明する。図19は、タンク40の上壁面61と底壁面62との間に1本のワイヤ63を垂直方向に両端を固定して張設し、前記ワイヤ63の上端部に波動発生手段1を設けたものである。

【0068】図19における波動発生手段1は図20に示されるように電磁ソレノイド64と、直角に折り曲げられ、一端に前記ワイヤ63の上端部が固定して取り付けられ、かつ折り曲げ点Sに支点が形成されたアマチュア65とから構成されている。なお、前記アマチュア65の他端部は、電磁ソレノイド64の鉄芯コアに所定時間周期で発生する電磁力によって吸着される。また、前記電磁ソレノイド64には駆動コイル(図示せず)と一緒に検出コイル(図示せず)が巻かれており、その検出コイルの出力が図5におけるスピーカ等の電気インピーダンス7の変化に相当するものである。

【0069】その結果、前記の如くアマチュア65の他端部が電磁ソレノイド64によって所定周波数で上下Y方向に繰り返し吸着されることによってアマチュア65の一端部が左右X方向に振動させられるので、前記ワイヤ63に振動が発生させられることになる。なお、前記所定周波数とは、図5等において説明してきた正弦波発

生手段14から出力される信号の周波数と同一のものであり、また回路も図5のものと同一構成にして使用しているものである。

【0070】また、図19においてはタンク40内に粒体60を収納した場合について説明したが、タンク40内収納物が粒体60の如く質量が大きいものの場合は、ワイヤ63の粒体60内に埋設される部分と、されない部分との境目Tの近傍(境目Tの位置より若干下の位置)が、ワイヤ63の振動に対して強く、その部分が振動の節になるので、例えば断面形状が円形のものであってもよいが、振動方向に対して偏平な帯状のワイヤであれば、更に振動方向に対する抵抗が大きく作用するようになるので、定在波の節が前記境目Tに位置するようになり、検出精度を向上できる。

【0071】なお、ワイヤ63として帯状のものを採用することによって、収納物に埋設される部分の、振動に対する流量抵抗が大きくなり、より完全に固定されているものと見なすことができるようになるので、タンク40内に収納される収納物を流体に替えて検出できるようになる。

【0072】次に、振動を伝播させる媒体を、前記ワイヤに替えてスプリングにした場合を例にとって説明する。図21において、波動発生手段1はヨーク70と駆動コイル71とから構成され、その駆動コイル71が前記図20における駆動コイルと同様の正弦波発生回路14によって駆動され、かつその駆動コイル71と一緒に巻かれた検出コイル(図示せず)によって検出される。なお、前記検出コイルの出力は図5に示したスピーカの駆動コイルの電気インピーダンス7の変化に相当する。

【0073】前記のようにスプリング72を振動の伝播の媒体にすることによって、タンク40内収納物との接触面積が大きくとれるようになるので、上下振動に対してスプリング72の埋設部の抵抗値を大きくとれ、図19におけるときと同様に、スプリング72の収納物内への埋設部分と、非埋設部分との境目Tに振動の節が形成されるようになり、波動発生手段1と前記境目Tとの間でのみ前記スプリング72を振動させることができるのと、その結果、レベル検出が可能になる。

【0074】
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、(1)測定区間に周波数の異なる複数種類の定在波を発生させ、それらの定在波の周期に基づいて該測定区間の距離を算出することを特徴とする距離測定方法であるので、今までにない新規な測定方法を提案することができるという効果が發揮できる。

【0075】また(2)2点間に周波数の異なる複数種類の定在波を発生させるための定在波発生手段と、該定在波発生手段によって発生させられたそれぞれの定在波の波数の差及びその定在波の周期に基づいて前記2点間の距離を算出する演算手段とを備えてなることを特徴とする距離測定装置であるので、簡単な構成で、かつ応用範囲の広い距離測定装置を提案できるという効果が發揮できる。

【0076】さらに(3)測定面との間に周波数の異なる複数種類の定在波を発生させるための定在波発生手段と、該定在波発生手段によって発生させられたそれぞれの定在波の波数の差及びその定在波の周波数に基づいて前記2点間の距離を算出し、その算出結果に基づいて測定面のレベルを算出するレベル演算手段とを備えてなることを特徴とするレベル測定装置であるので、極めて新規なレベル測定装置を提案することができるという効果が發揮される。

【0077】さらに、上記それぞれの発明に共通して云えることは、伝播空間に多少の障害物が介在していても回折現象の作用によりその障害物を通過して定在波を形成できるので、測定が不可能になる確率は従来のものに比べてはるかに小さくなり、測定装置としての品質を高められるという極めて大きな効果が發揮される。

【0078】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における定在波を説明すための説明図である。

【図2】図1に示した定在波の検出方法を説明する回路説明図である。

【図3】図1における測定目標2をM方向に一定速度で変位させたときの図2における出力Aを示す説明図である。

【図4】図5の作用説明をするための説明図である。

【図5】本発明による一具体例を示す回路ブロック図である。

【図6】波動の周波数を変化させたとき、測定目標2においてその波動の節のできる状況を説明した説明図である。

【図7】図5における周波数制御回路13からの出力信号の変化状況、及び正弦波発生回路14から出力される出力信号の周波数の変化状況を説明するための説明図である。

【図8】図5の作用説明をするための説明図である。

【図9】本発明による一具体例を示した回路ブロック説明図である。

【図10】図9の周波数制御回路13の回路構成を細分化した回路ブロックである。

【図11】図9の波形・周期記憶回路20及び定在波発生周期検出回路21の作動を説明するための説明図である。

【図12】本発明による一具体例を示すブロック説明図である。

【図13】本発明による方法を液面計に応用した一具体例を示す説明図である。

【図14】図13のパイプ40の変形例を示す説明図である。

【図15】本発明による方法を異形状燃料タンクに適応した説明図である。

【図16】図15におけるパイプ50を軟質材で形成した場合の説明図である。

【図17】図15におけるパイプ50の内径が大きい場合の入射波に対する反射波の状況を説明する説明図である。

【図18】図17で説明したパイプ50の内径を小さくして毛細管現象を利用して定在波の発生状況を改善することを示した図である。

【図19】本発明を機械的に構成した実施例の説明図である。

【図20】図19における波動発生手段1の詳細説明図である。

【図21】図19におけるワイヤ63をスプリングに替えた場合の説明図である。

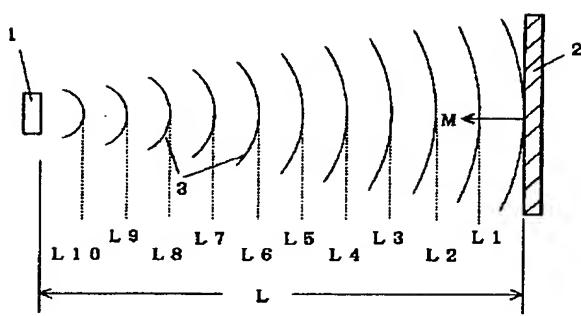
【符号の説明】

- 1 スピーカ(波動発生手段)
- 2 測定目標
- 3 定在波
- 4 正弦波発生器
- 5、6、8 抵抗体
- 7 駆動コイルの電気インピーダンス
- 9 ゼロクロス検出回路
- 11 バッテリ
- 12 スイッチ
- 13 周波数制御回路
- 14 正弦波発生回路
- 15 周波数検出回路
- 16 周期検出回路
- 17 カウンタ回路
- 18、22、37 距離演算回路
- 19 差動增幅回路
- 20 波形・周期記憶回路
- 21、36 定在波発生周期検出回路
- 30 白色雑音発生回路
- 31 マイクロ波発信・受信装置(波動発生手段)
- 32 ゲート回路
- 33、34 第1及び第2スペクトル解析回路
- 35 スペクトル比較回路
- 40 タンク
- 41、46、50 パイプ
- 43 マイクロホン
- 48、60 収納物

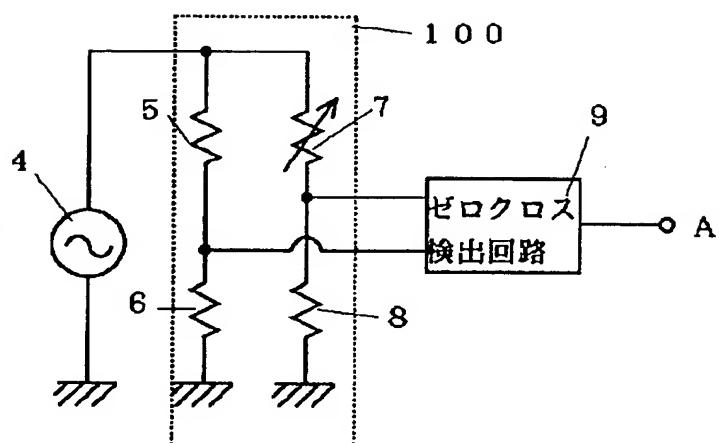
- 5 3 カバー
 5 4 保護用筒
 5 6 液面
 6 3 ワイヤ
 6 4 電磁ソレノイド

- 6 5 アマチュア
 7 0 ヨーク
 7 1 駆動コイル
 7 2 スプリング

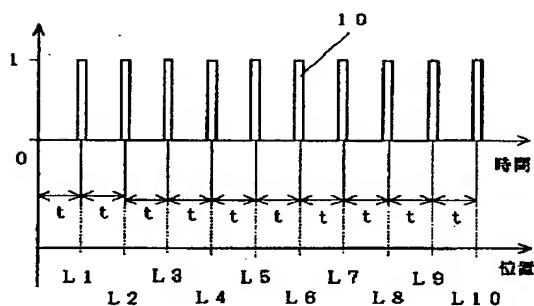
【図1】



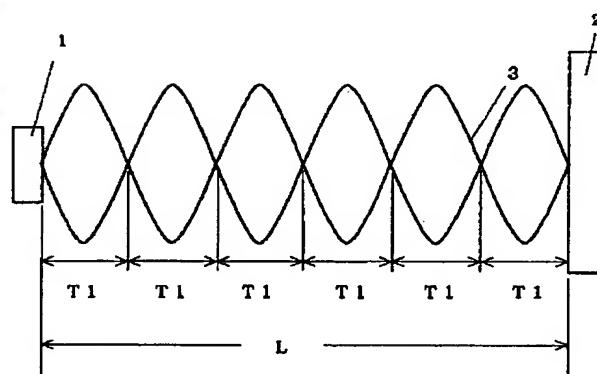
【図2】



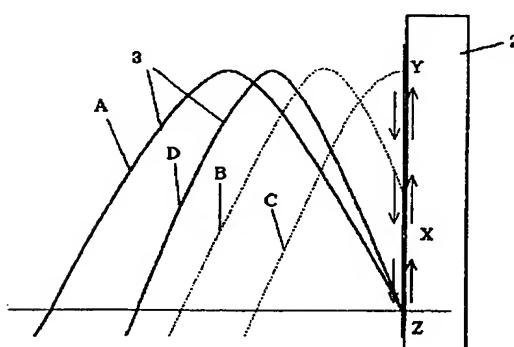
【図3】



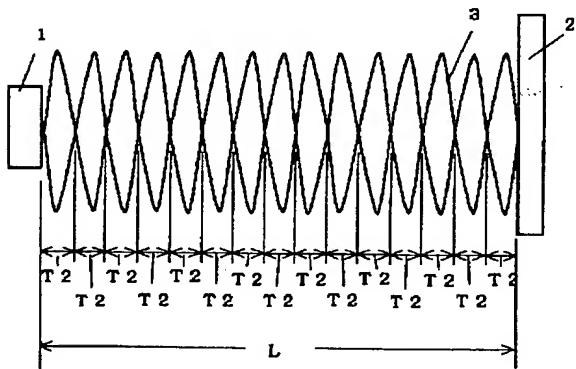
【図4】



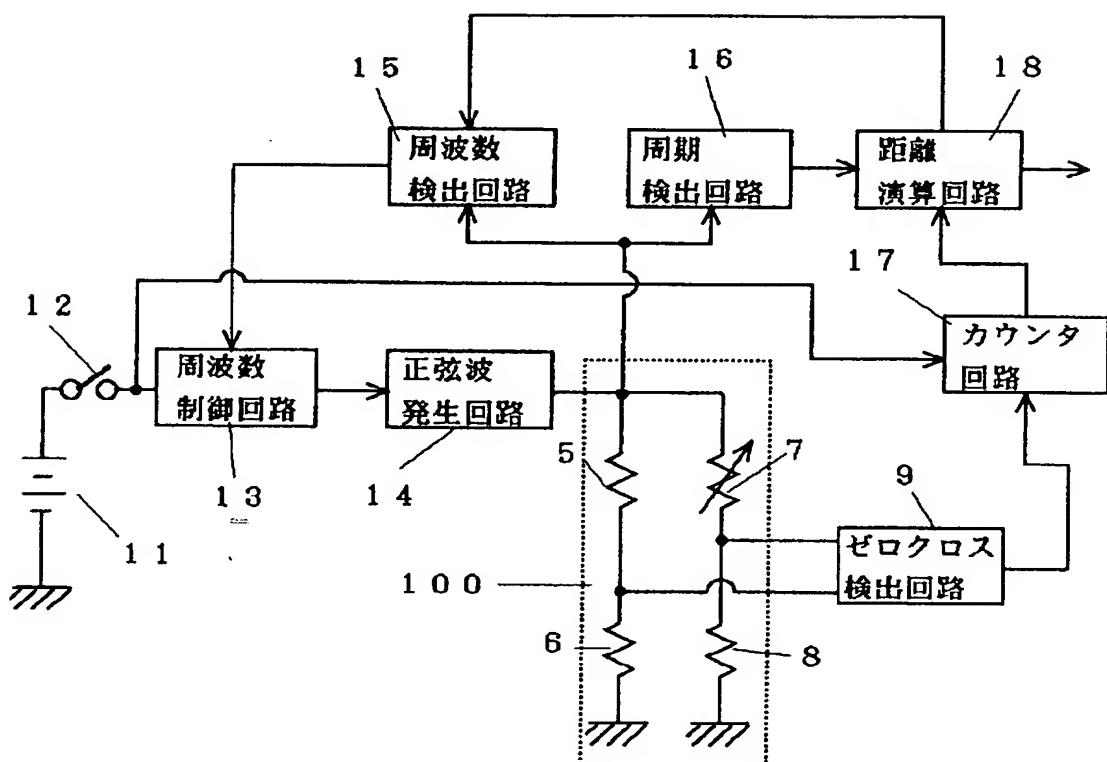
【図6】



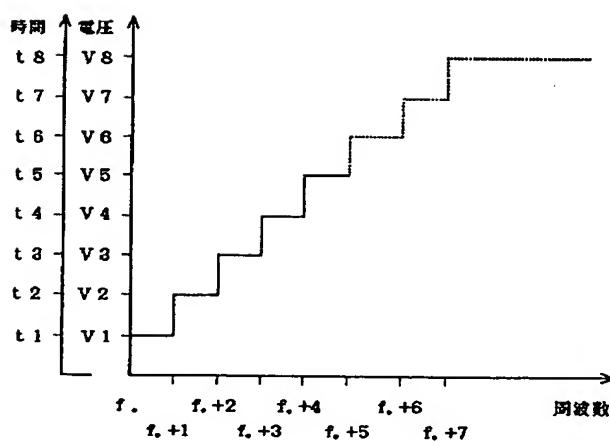
【図8】



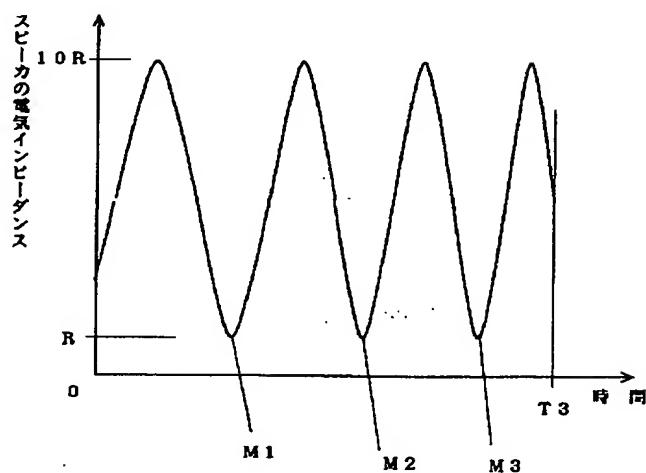
【図5】



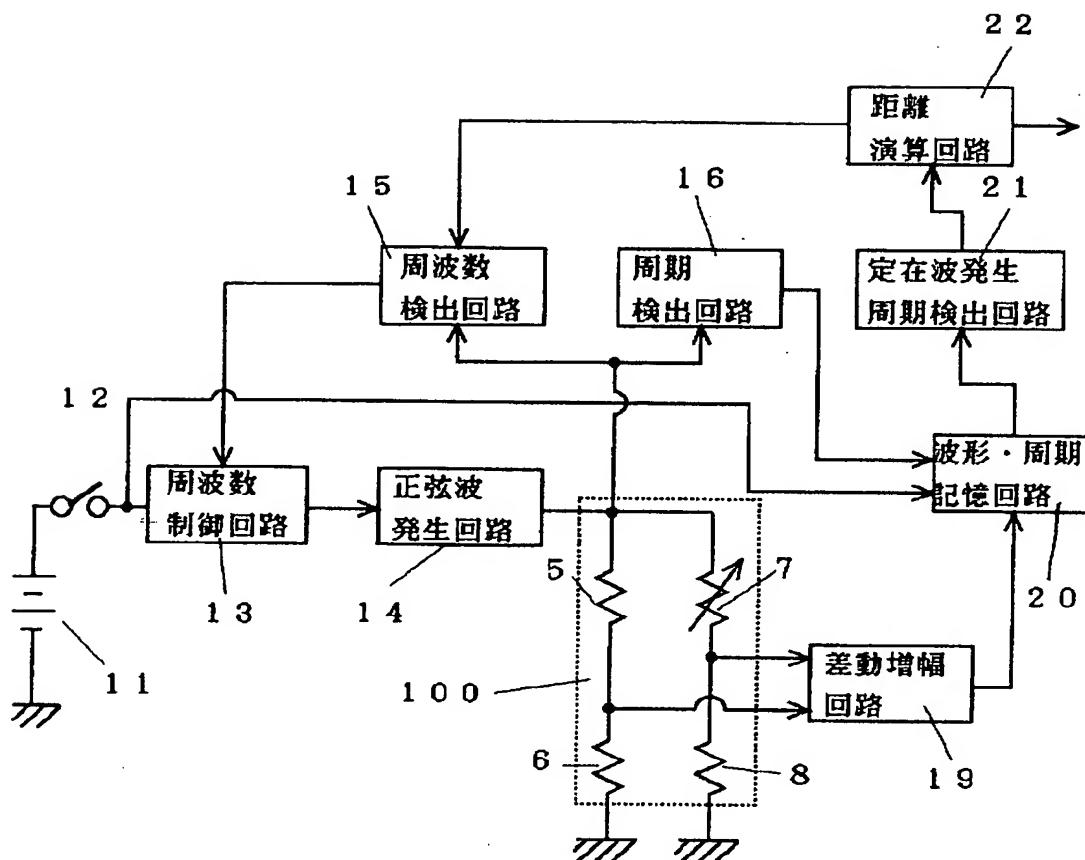
【図7】



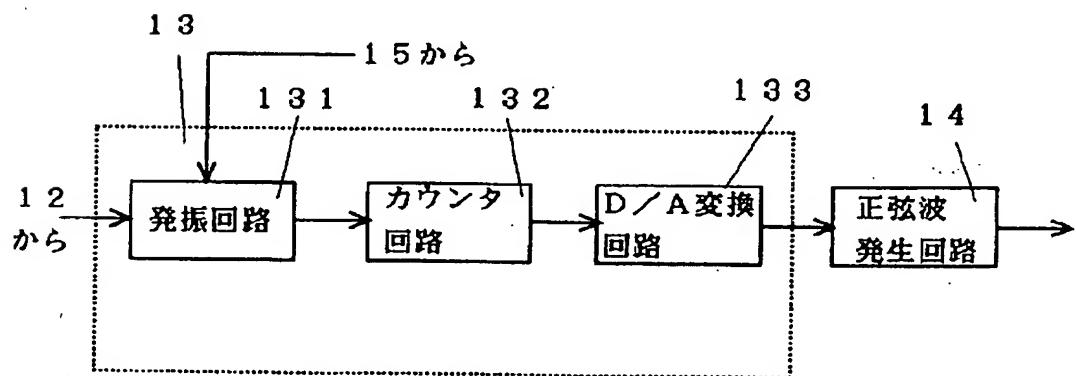
【図11】



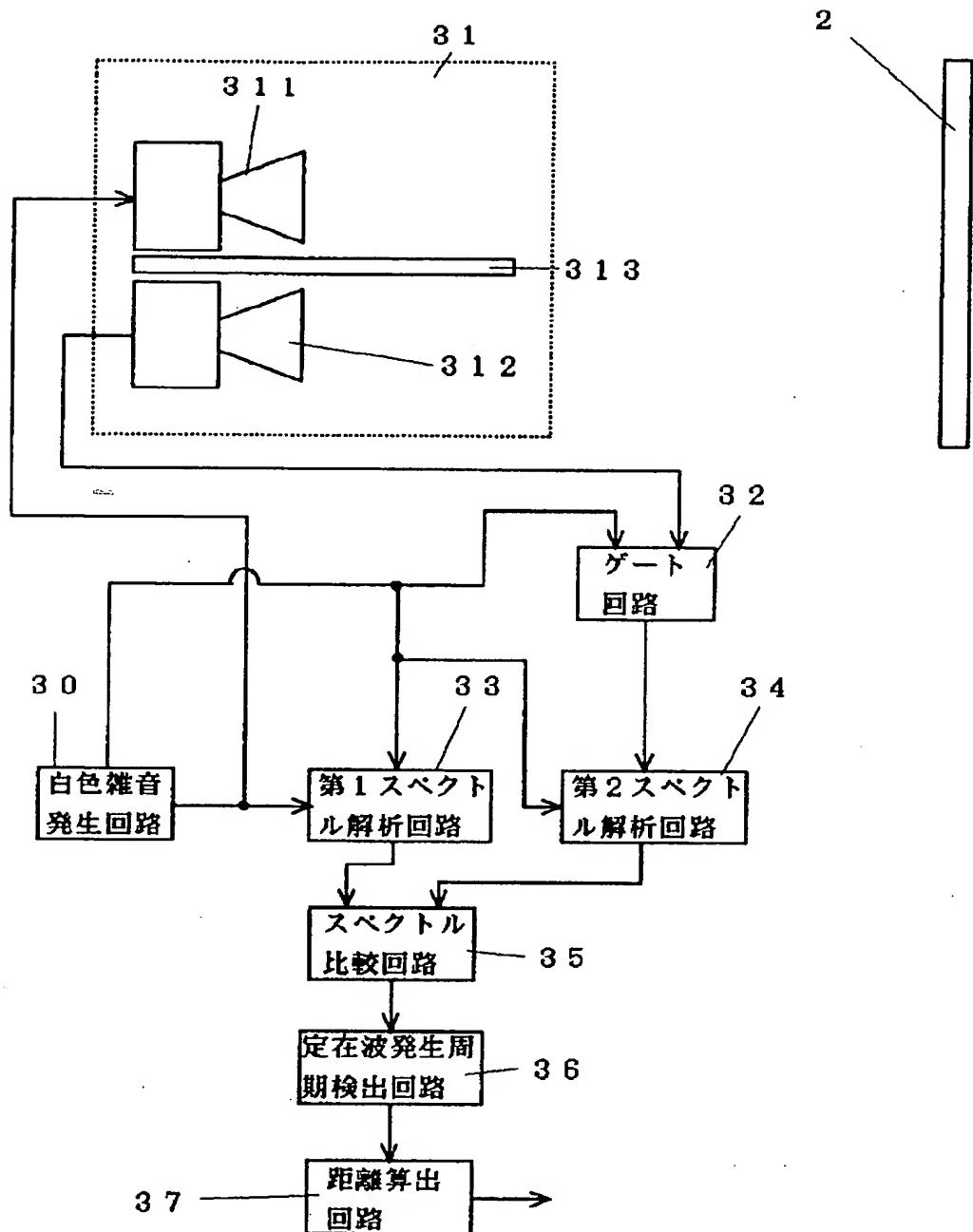
【図9】



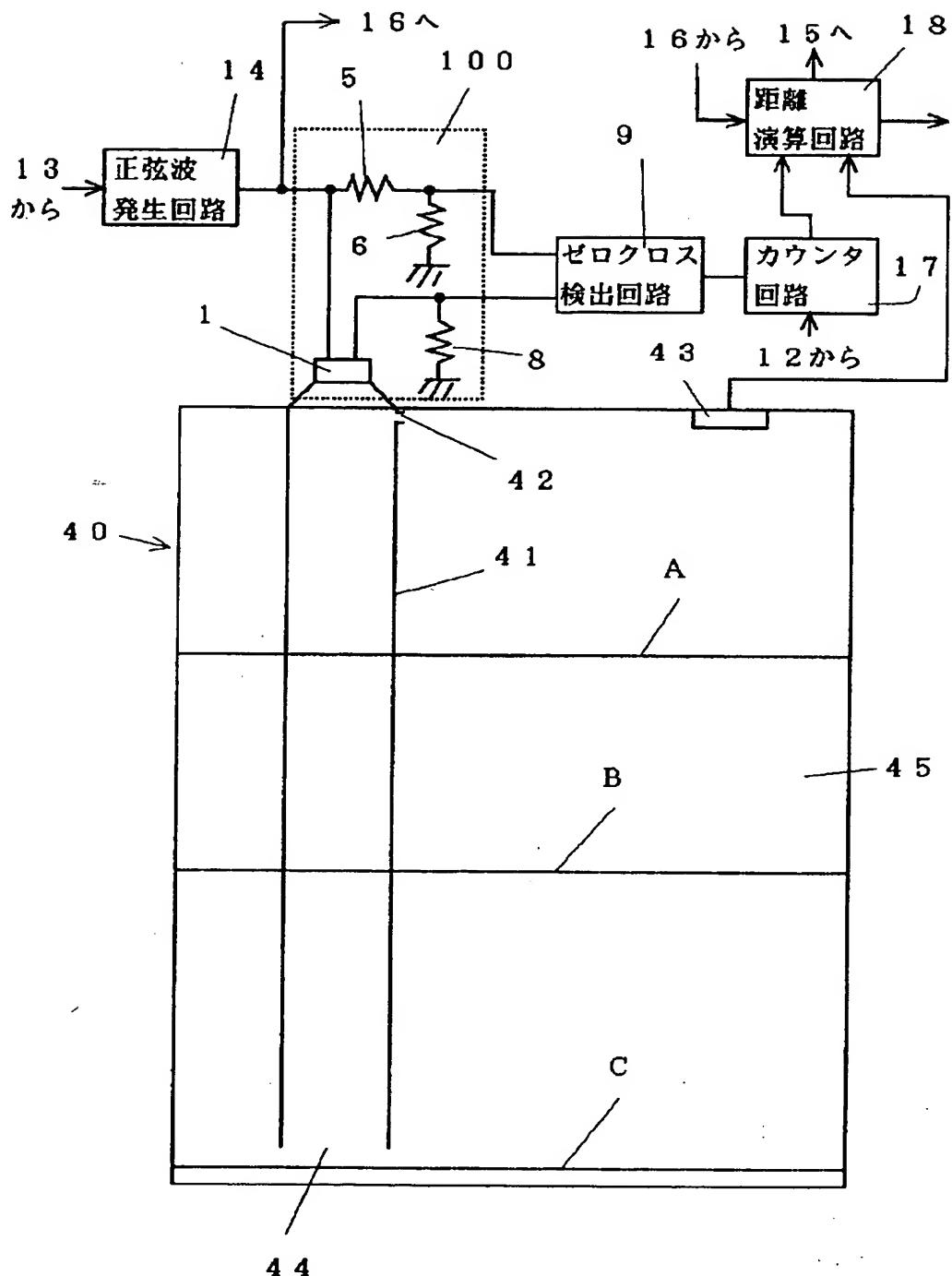
【図10】



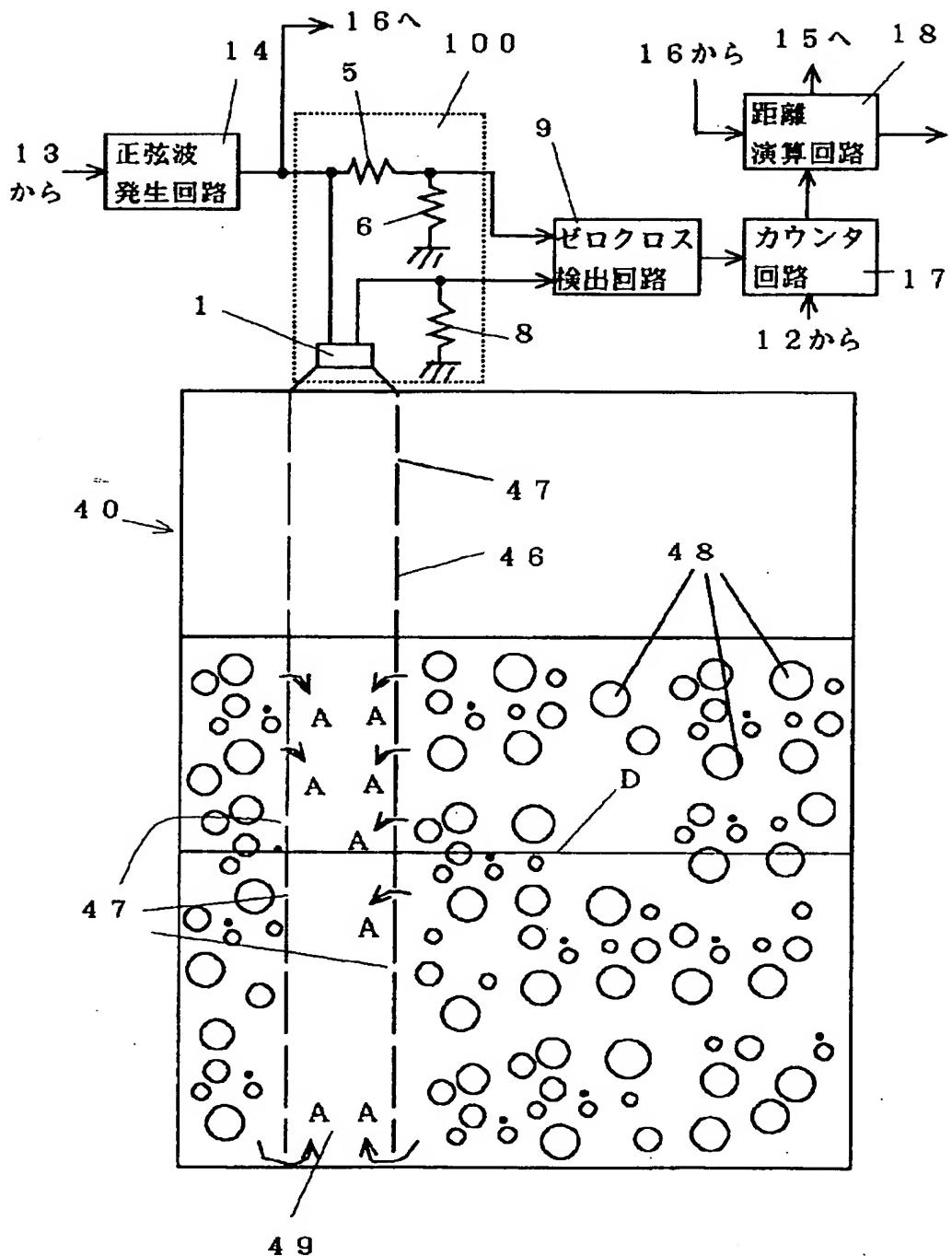
【図12】



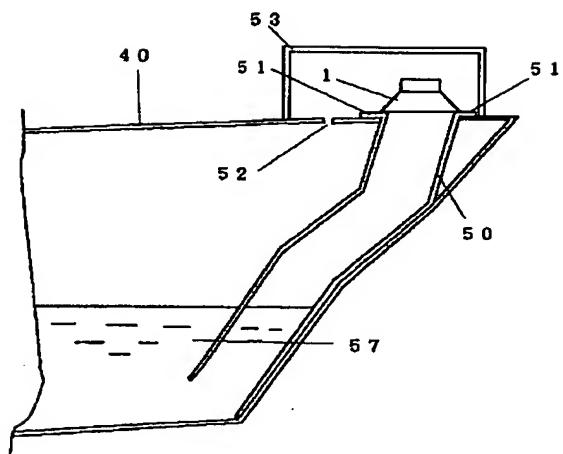
【図13】



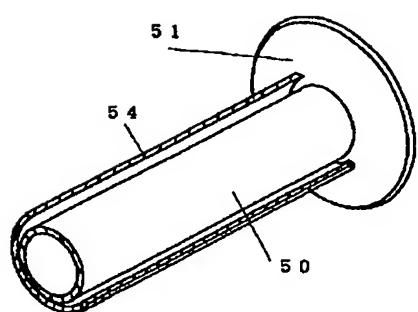
【図14】



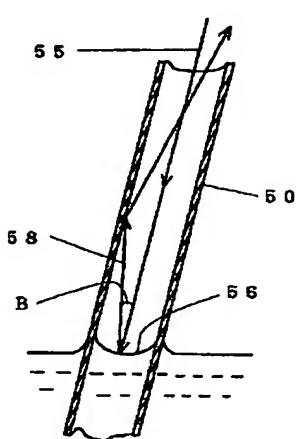
【図15】



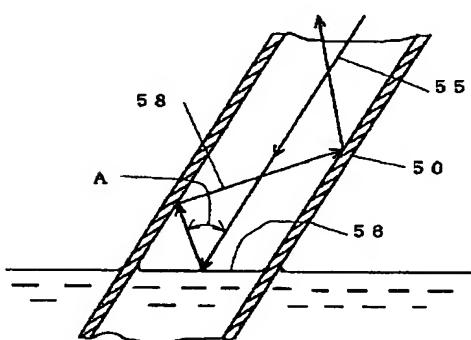
【図16】



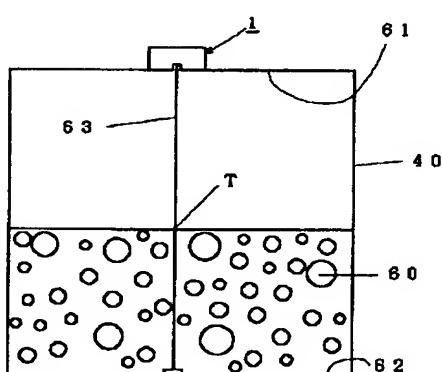
【図18】



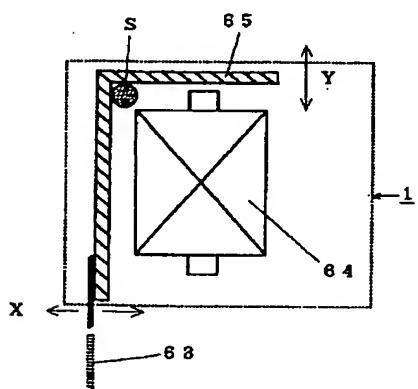
【図17】



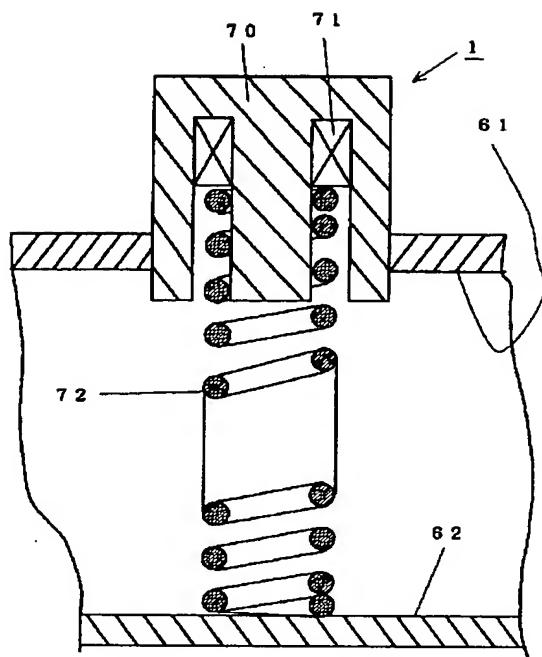
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72) 発明者 小野塚 正克

埼玉県行田市大字小見545番地3